

基于研发和增值服务的双渠道供应链决策研究

王 倩, 吕卫东, 沈转霞

兰州交通大学数理学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2023年8月1日; 录用日期: 2023年8月22日; 发布日期: 2023年9月5日

摘 要

本文构建了一个包含研发努力和增值服务的双渠道供应链模型, 分别探讨了在集中决策和分散决策情况下各成员定价策略和利润的变化情况。首先通过构建双渠道供应链博弈决策模型并求解该模型的均衡解, 其次在均衡情况下探讨了各系数对于企业定价、需求量和均衡利润的影响, 最后通过案例分析验证了模型, 分析了研发努力和增值服务对双渠道供应链的影响。我们发现, 集中决策时产品价格较分散决策情况时更低, 产品的需求量较高, 消费者更加希望制造商和零售商进行合作, 从而达到供应链利润的最大化。并且, 研发努力与增值服务投入一定要保持在一个合适的范围内, 否则投入成本过高会给企业造成巨大的成本压力。

关键词

研发, 增值服务, 双渠道供应链, 价格决策

Research on Decision of Dual Channel Supply Chain Based on R & D and Value Added Services

Qian Wang, Weidong Lyu, Zhuanxia Shen

School of Mathematics and Science, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu

Received: Aug. 1st, 2023; accepted: Aug. 22nd, 2023; published: Sep. 5th, 2023

Abstract

This paper constructs a dual-channel supply chain model including R & D efforts and value-added services, and discusses the changes of pricing strategies and profits of each member under centralized decision-making and decentralized decision-making respectively. Firstly, the decision-making model of dual-channel supply chain is constructed and the equilibrium solution of the model is

solved. Secondly, the influence of each coefficient on enterprise pricing, demand and equilibrium profit is discussed in equilibrium. Finally, the model is verified by case analysis, and the influence of R & D efforts and value-added services on dual-channel supply chain is analyzed. We found that the price of products is lower and the demand for products is higher under centralized decision-making than under decentralized decision-making situation, and consumers prefer manufacturers and retailers to collaborate to maximize supply chain profits. Moreover, R & D and value-added service investment must be maintained within an appropriate range, otherwise excessively high investment costs will cause huge cost pressure on the enterprise.

Keywords

R & D, Value-Added Services, Dual-channel Supply Chain, Price Decision

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着计算机网络技术的繁荣发展,消费者可以借助网络销售渠道购买大量产品。与此同时,越来越多的制造企业和零售企业都选择在互联网上构建电子商务经销渠道。这种渠道与传统的线下零售渠道相比,能够借助大数据和人工智能,更加高效、稳定、有针对性地挖掘潜在消费者。线上零售渠道的开通,提升了制造企业的产品分销能力,但与传统的零售渠道产生冲突和竞争,主要体现在价格竞争与服务竞争方面,需要制定合理的渠道策略以协调渠道间的冲突。以PC行业为例,联想等电脑制造厂商不仅通过国美等传统家电卖场销售电脑,还在全国开展直营连锁产品体验中心。随着移动通信技术在全球范围内的飞速发展,使得PC行业竞争激烈,为了提高产品的竞争力,制造商投入更多的研发成本以保证产品质量的提高。同时,客户对公司服务的需求越来越多样化,定制化增值服务已然成为零售企业提高市场竞争力的最重要手段。增值服务与基础服务的区别在于,生产型企业在基础服务之外为客户提供的服务诸如送货、全款退货、延保、售后服务、线上下单到店自提(BOPS)等服务。

本文同时将研发和增值服务纳入考虑因素,建立了以此为基础的双渠道供应链模型,并探讨在集中决策和分散决策下,制造商和零售企业采取不同的研发和增值服务策略如何影响供应链系统价格以及各成员利润,以期能够为双渠道供应链成员制定合理的研发和增值服务策略提供参考和依据。

2. 文献综述

Yi and Zhang [1]考虑了顾客价值和网上零售平台提供的增值服务,发现增值服务的好处对于在线零售平台的利润最大化和客户价值同时仍然很重要。Bai等[2]基于对电信增值业务供应链的研究,构建了单一运营商和多服务提供商的单一领导者多追随者Stackelberg模型,认为Stackelberg模型可以部分协调电信增值业务供应链。Backhaus [3]认为,增值服务的收益取决于购买增值服务的时间。刘伟和杨照[4]研究了经销商提供增值服务下制造商混合渠道博弈模型,发现随着增值服务成本参数的信息被共享,制造商的利润总会增长。Dai等[5]构建了多运营商和多服务商的多领导者多追随者Stackelberg博弈模型,研究了电信增值业务供应链中增值业务产品的定价问题。Heese [6]研究发现零售商通常可以从延长保修期中受益。Chen等[7]讨论了当强势零售商提供完全退款服务时,弱势零售商是否选择完全退款服务。罗美玲等[8]研究了制造商提供产品增值服务可能会使零售商利益受损。唐东平等[9]研究了电商平台提供差

异化增值服务的定价模型,分别分析了垄断平台的定价,用户数量及利润情况。Lin and Chen [10]发现两个竞争供应商的外包策略可以使制造商和整个供应链的盈利能力最大化。Dou 等[11]讨论了供应链各方增值服务水平的敏感性对增值服务投资策略的影响。Zhang 等[12]研究了制造商在考虑不对称信息的程度和消费者对增值服务期待时的定价决策。Li and Li [13]研究了双渠道供应链中注重公平和提供增值服务的零售商和制造商之间的协调问题。王春苹等[14]研究双寡头市场中,两家企业提供信息产品和附加服务的博弈模型。Park 等人[15]从制造商的角度考虑了维修服务和更换服务的最优保修政策。Shangguan 等[16]研究了在双渠道服务提供策略下,在线渠道增值服务对供应链中企业的影响。Dan 等[17]研究了双渠道供应链中制造商和零售商销售与制造商提供的保修服务捆绑在一起的同质耐用品,并通过提供免费增值服务来争夺客户的博弈模型。郑斌等[18]研究单渠道供应链中延保服务和基础质保服务交互策略。

通常在决策模型中未能同时考虑研发努力和增值服务对双渠道供应链的影响,而且学者更关注供应商开辟的双渠道供应链,很少研究零售商开辟的双渠道供应链。本文进一步考虑到零售商的线上、线下渠道可以使用差异化的增值服务。

3. 问题描述与模型构建

首先针对一个制造商和一个零售商组成的,考虑零售商开辟的线上、线下分销渠道的双渠道供应链,(如图 1 所示)考虑研发努力和增值服务对双渠道供应链的影响,构建了双渠道集中决策和分散决策博弈模型,然后比较分析不同定价策略对市场需求量、供应链各节点企业利润的影响。顾客可以自由选择任意一种渠道购买产品,其决策依据为在该渠道所获价值的大小,即顾客在该渠道获得的价值越高,顾客越愿意在该渠道购买产品。制造商可制定产品以批发价 w 销售给零售商,零售商确定 p_0 ($p_0 \geq w$) 为线上零售价格, p_r ($p_r \geq w$) 为线下零售价格。

本文作出如下假设: 1) 供应链各环节成员是理性经济人,属于风险中性,且追求自身利益的最大化。2) 零售商所销售的线上线下双渠道的产品的是同质的,一般将制造商的单位生产成本和零售商的单位销售成本记为 0,不会影响研究结果。3) 该系统属于 Stackelberg 博弈,在博弈过程中,制造商是先行方,零售商是追随方,双方都能预见对方的最优反应并作出自身反应。4) 产品没有库存积压,不存在补货等情况。

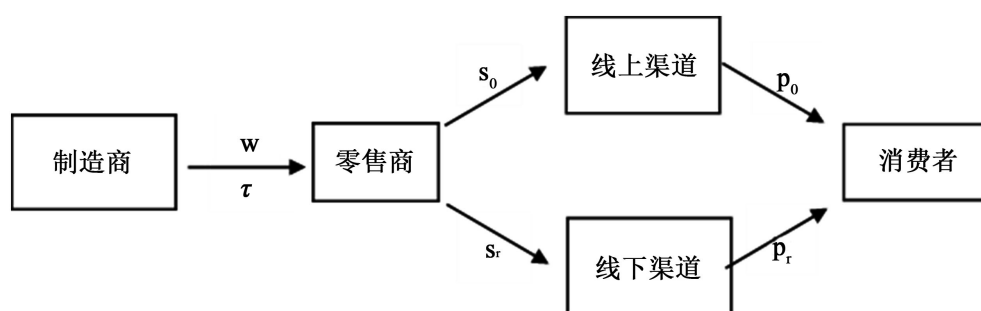


Figure 1. Dual channel supply chain structure diagram

图 1. 双渠道供应链结构图

线上和线下需求可分别表示为:

$$D_0 = mA - \alpha p_0 + \beta p_r + \gamma s_0 - \delta s_r + \eta \tau \quad (1)$$

$$D_r = (1-m)A - \alpha p_r + \beta p_0 + \gamma s_r - \delta s_0 + \eta \tau \quad (2)$$

其中, 式中: D_0 、 D_r 分别为线上与线下渠道需求量; m 为消费者的线上渠道偏好程度, $0 < m < 1$; A 为

市场基本需求量; α 为消费者价格敏感系数; β 为交叉价格影响系数; γ 为增值服务需求弹性(表示消费者的增值服务敏感性), $\gamma > 0$; δ 为交叉增值服务需求弹性, $\delta > 0$ 。参考文献[19], τ 为研发努力程度, η 为消费者对创新研发产品的偏好程度, 也可以是消费者的研发努力敏感性且 $\eta > 0$ 。制造商增加研发努力成本的投入, 使得产品质量得到提高, 产品创新性增加, 消费者更加偏好购买创新研发型产品, 产品的需求量增加。

渠道内部的销售价格对渠道需求的影响比另一渠道的销售价格影响更大, 故有 $\alpha > \beta > 0$ 。同理, $\gamma > \delta > 0$ 。零售商的增值服务成本与制造商研发努力成本分别表示为 $k_1 s_r^2 / 2$ 、 $k_1 s_0^2 / 2$ 和 $k_2 \tau^2 / 2$ 。

因此, 制造商的利润可表示为:

$$\pi_m = (D_0 + D_r)w - k_2 \tau^2 / 2 \tag{3}$$

零售商的利润可以表示为:

$$\pi_r = (p_0 - w)D_0 + (p_r - w)D_r - k_1 s_r^2 / 2 - k_1 s_0^2 / 2 \tag{4}$$

该供应链的总利润为:

$$\pi_{mr} = \pi_m + \pi_r = (D_0 + D_r)w - k_2 \tau^2 / 2 + (p_0 - w)D_0 + (p_r - w)D_r - k_1 s_r^2 / 2 - k_1 s_0^2 / 2 \tag{5}$$

4. 集中式双渠道供应链决策

集中决策是以制造商和零售商的供应链整体利润最大化为决策目标, 例如 ZARA、H & M 的运作模式。当考虑制造商与零售商是一个整体时, 供应链内部不存在产品的批发价, 即 w 不存在, 所以此时 w 可以看作供应链中固定的内部转移价格, 记为 w_1 。为简化计算结果, 后文中令 $X = 2(\alpha^2 - \beta^2)p_0^{C*}$, $Y = 2(\alpha^2 - \beta^2)p_r^{C*}$ 。

为了判断 π_{mr} 与 p_0^{C*} 、 p_r^{C*} 的关系, 可以求出 hessian 矩阵(Hessian Matrix)。

$$\mathbf{H}(\pi_{mr}^{C*}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_{mr}^{C*}}{\partial p_0^2} & \frac{\partial^2 \pi_{mr}^{C*}}{\partial p_0 \partial p_r} \\ \frac{\partial^2 \pi_{mr}^{C*}}{\partial p_r \partial p_0} & \frac{\partial^2 \pi_{mr}^{C*}}{\partial p_r^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\alpha & 2\beta \\ 2\beta & -2\alpha \end{bmatrix} \tag{6}$$

由顺序主子式可判定海塞矩阵为负定, 证明该函数存在极大值。求解最优定价为:

$$\begin{cases} p_0^{C*} = [A\beta + mA(\alpha - \beta) + (\gamma\alpha - \delta\beta)s_0 - (\delta\alpha - \gamma\beta)s_r + \eta\tau(\alpha + \beta)] \div [2(\alpha^2 - \beta^2)] \\ p_r^{C*} = [A\alpha - mA(\alpha - \beta) + (\gamma\beta - \delta\alpha)s_0 - (\delta\beta - \gamma\alpha)s_r + \eta\tau(\alpha + \beta)] \div [2(\alpha^2 - \beta^2)] \end{cases} \tag{7}$$

此时最优需求量为:

$$D_0^{C*} = \frac{mA + \gamma s_0 - \delta s_r + \eta\tau}{2}, \quad D_r^{C*} = \frac{A - mA + \gamma s_r - \delta s_0 + \eta\tau}{2} \tag{8}$$

可得供应链整体利润为:

$$\pi_{mr}^{C*} = \left\{ AX + mA(Y - X) + (\gamma Y - \delta X)s_0 - (\delta Y - \gamma X)s_r + \eta\tau(X + Y) - [k_2 \tau^2 + k_1(s_r^2 + s_0^2)] \right\} \div [2(\alpha^2 - \beta^2)] \tag{9}$$

此时, 单独考虑制造商和零售商的利润分别为:

$$\begin{cases} \pi_m^{C^*} = \frac{Aw_1 + (\gamma - \delta)(s_r + s_0)w_1 - k_2\tau^2}{2} + \eta\tau w_1 \\ \pi_r^{C^*} = \{AX + mA(Y - X) + (\gamma Y - \delta X)s_0 - (\delta Y - \gamma X)s_r + \eta\tau(X + Y)\} \\ \quad \div [4(\alpha^2 - \beta^2)] - [A + (\gamma - \delta)s_0 - (\delta - \gamma)s_r + 2\eta\tau]w_1 + k_1(s_r^2 + s_0^2)]/2 \end{cases} \quad (10)$$

命题 1: 考虑线上线下的增值服务相同($s_0 = s_r$)的情况, 当 $0.5 < m < 1$ 时, 消费者偏好线上渠道, 此时线上定价大于线下定价; 当 $0 < m < 0.5$ 时, 消费者偏好线下渠道, 线上定价小于线下定价; 当渠道参数 m 取值越接近 0.5, 线上线下价格之差越接近于 0。

证明: 已知 $\alpha > \beta > 0$, $p_0^{C^*} - p_r^{C^*} = [(2m - 1)A] \div [2(\alpha + \beta)]$ 当 $0.5 < m < 1$ 时, $p_0^{C^*} > p_r^{C^*}$, 即线上定价大于线下定价, 当 $0 < m < 0.5$ 时, $p_0^{C^*} < p_r^{C^*}$, 即线上定价小于线下定价, 命题成立。且 $\frac{\partial p_0^{C^*}}{\partial m} = \frac{A}{2(\alpha + \beta)} > 0$,

$\frac{\partial p_r^{C^*}}{\partial m} = \frac{-A}{2(\alpha + \beta)} < 0$, 说明线上产品价格与渠道参数正相关, 线下产品价格与渠道参数负相关;

$\left| \frac{\partial p_0^{C^*}}{\partial m} \right| = \left| \frac{\partial p_r^{C^*}}{\partial m} \right| = \frac{A}{2(\alpha + \beta)}$, 表示渠道参数对线上线下定价的影响程度相同。

该命题为了研究消费者对渠道的偏好程度对产品定价的影响, 因此控制变量使线上线下的增值服务相同($s_0 = s_r$)。说明在不考虑增值服务差异化的情况下, 若消费者更偏好线上渠道, 也就是喜欢网络购物, 认为线上购物更便捷, 那么产品的线上价格要高于线下价格。如果消费者更喜欢线下购物, 喜欢适用以及体验, 享受消费的快捷性, 那么就更容易接受线下产品的高价。当 $m = 0.5$ 时, 说明顾客对两个渠道偏好程度相同, 不会接受因渠道偏好导致的高价, 那么此时零售商采取线上线下同价的策略为最优决策。

命题 2: 服务需求弹性 γ 增加, 线上、线下定价都增加, 线上、线下需求都增加; 当 $s_0 = s_r = s$ 时, 供应链整体利润 π_{mr} 增加。

证明: 由 $\alpha > \beta > 0$, $\gamma > \delta > 0$, $s_0 > 0$, $s_r > 0$ 得 $\frac{\partial p_0^{C^*}}{\partial \gamma} = \frac{\alpha s_0 + \beta s_r}{2(\alpha^2 - \beta^2)} > 0$, $\frac{\partial p_r^{C^*}}{\partial \gamma} = \frac{\beta s_0 + \alpha s_r}{2(\alpha^2 - \beta^2)} > 0$, 因此可知定价随 γ 的增加而增加; 进一步可得 $\frac{\partial D_0^{C^*}}{\partial \gamma} = \frac{s_0}{2} > 0$, $\frac{\partial D_r^{C^*}}{\partial \gamma} = \frac{s_r}{2} > 0$, 因此可知需求随 γ 的增加而增加; 当 $s_0 = s_r = s$ 时, $\frac{\partial \pi_{mr}^{C^*}}{\partial \gamma} = \frac{2s(\alpha + \beta)[A + 2\eta\tau + (2\gamma - \delta)s]}{4(\alpha^2 - \beta^2)} > 0$, 即供应链整体利润 π_{mr} 与 γ 呈正比例关系。

该命题证明了增值服务需求弹性越高, 也就是消费者对增值服务的需求敏感性较高时, 更偏好于购买提供增值服务的商品, 那么零售商为了卖出产品会选择提供增值服务并且提高产品价格以收回成本; 当零售商选择提供增值服务时, 线上线下的需求量会随着增值服务需求弹性的增加而增加, 消费者会因为追求增值服务而增加对产品的需求从而提高了产品的需求量; 当线上线下的增值服务相同($s_0 = s_r = s$), 可得到增值服务需求弹性的增加使供应链整体利润增加。

命题 3: 交叉服务需求弹性 δ 增加, 线上、线下定价都减少, 线上、线下需求都减少; 当 $s_0 = s_r = s$ 且满足 $\frac{A}{2\delta - \gamma} < s$ 时, 供应链整体利润 π_{mr} 减少。

证明: 由 $\alpha > \beta > 0$, $s_0 > 0$, $s_r > 0$, 求出 $\frac{\partial p_0^{C^*}}{\partial \delta} = \frac{-\beta s_0 - \alpha s_r}{2(\alpha^2 - \beta^2)} < 0$, $\frac{\partial p_r^{C^*}}{\partial \delta} = \frac{-\alpha s_0 - \beta s_r}{2(\alpha^2 - \beta^2)} < 0$, 可知定

价随 δ 的增加而减少；求出 $\frac{\partial D_0^{C*}}{\partial \delta} = \frac{-s_r}{2} < 0$, $\frac{\partial D_r^{C*}}{\partial \delta} = \frac{-s_0}{2} < 0$, 因此可知需求随 δ 的增加而减少。当 $s_0 = s_r = s$ 时, 当满足 $\frac{A}{2\delta - \gamma} < s$ 时, $\frac{\partial \pi_{mr}^{C*}}{\partial \delta} = \frac{-2s(\alpha + \beta)[A + (\gamma - 2\delta)s]}{4(\alpha^2 - \beta^2)} < 0$, 供应链整体利润 π_{mr} 与 δ 呈反比例关系。

该命题证明了竞争渠道的交叉增值服务弹性越高, 那么两个渠道的价格都降低, 因为渠道互相之间的影响比较大, 渠道间的竞争较为激烈, 竞争导致两个渠道定价都降低; 同时, 线上线下的需求量会随着交叉增值服务需求弹性的增加而减少; 交叉增值服务需求弹性的增加使供应链整体利润减少, 进一步证明了交叉增值服务需求弹性提高, 供应链系统的利润就会受损。

命题 4: 研发努力需求弹性 η 增加使得线上线下定价 $p_0(p_r)$ 都增加, 且供应链整体利润 π_{mr} 增加。

证明: 由 $\alpha > \beta > 0$, $\gamma > \delta > 0$, 可得 $\frac{\partial p_0^{C*}}{\partial \eta} = \frac{\partial p_r^{C*}}{\partial \eta} = \frac{\tau}{2(\alpha - \beta)} > 0$, 因此可知线上线下定价都随 η 的增加而增加。同理, $\frac{\partial \pi_{mr}^{C*}}{\partial \eta} = \frac{\tau(1 + A + 4\eta\tau + 2(\gamma - \delta)s_0)}{4(\alpha - \beta)} > 0$ 可知研发努力需求弹性对供应链的整体利润有正向影响。

该命题证明了研发努力对于供应链整体是有利的, 制造商应该进行研发创新来提高产品的竞争力, 只有不断创新提高产品质量, 才能获得更高的利润。集中决策中制造商和零售商只考虑整体利润最大化, 消费者对研发的偏好程度越高, 供应链整体的利润越高。

5. 分散式双渠道供应链决策

在分散决策时, 制造商和零售商分别以自身利益最大化为出发点。第一阶段, 分散决策下的零售商基于批发价 w 的最优定价:

$$\begin{cases} p_0^{D*} = [A\beta + mA(\alpha - \beta) + w(\alpha^2 - \beta^2) + (\gamma\alpha - \delta\beta)s_0 - (\delta\alpha - \gamma\beta)s_r + \eta\tau(\alpha + \beta)] \div [2(\alpha^2 - \beta^2)] \\ p_r^{D*} = [A\alpha - mA(\alpha - \beta) + w(\alpha^2 - \beta^2) + (\gamma\beta - \delta\alpha)s_0 - (\delta\beta - \gamma\alpha)s_r + \eta\tau(\alpha + \beta)] \div [2(\alpha^2 - \beta^2)] \end{cases} \quad (11)$$

接着进行逆向归纳法的第二步, 求解制造商的最优决策, 制造商的利润函数为 $\pi_m = \frac{Aw + (\gamma - \delta)(s_r + s_0)w - k_2\tau^2}{2} + \eta\tau w + w^2(\beta - \alpha)$, 令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial w} = 0$ 解得最优批发价为

$$w^{D*} = \frac{A + (\gamma - \delta)(s_r + s_0) + 2\eta\tau}{4(\alpha - \beta)}.$$

因此, 将最优批发价带入价格公式, 可求得最优线上线下定价:

$$\begin{cases} p_0^{D*} = [5A\beta + A\alpha + 4mA(\alpha - \beta) + 4(\gamma\alpha - \delta\beta)s_0 - 4(\delta\alpha - \gamma\beta)s_r + 6\eta\tau(\alpha + \beta) + (\alpha + \beta)(\gamma - \delta)(s_0 + s_r)] \div [8(\alpha^2 - \beta^2)] \\ p_r^{D*} = [5A\alpha + A\beta - 4mA(\alpha - \beta) + 4(\gamma\beta - \delta\alpha)s_0 - 4(\delta\beta - \gamma\alpha)s_r + 6\eta\tau(\alpha + \beta) + (\alpha + \beta)(\gamma - \delta)(s_0 + s_r)] \div [8(\alpha^2 - \beta^2)] \end{cases} \quad (12)$$

此时线上的最优需求量为: $D_0^{D*} = \frac{-A + 4mA + (3\gamma + \delta)s_0 - (3\delta + \gamma)s_r + 2\eta\tau}{8}$, 线下的最有需求量为:

$$D_r^{D*} = \frac{3A - 4mA + (3\gamma + \delta)s_r - (3\delta + \gamma)s_0 + 2\eta\tau}{8}.$$

制造商和零售商的最优利润分别为：

$$\begin{cases} \pi_m^{D^*} = \frac{2A^2 + 8A\eta\tau + 3(A + 2\eta\tau)(\gamma - \delta)(s_0 + s_r) + 8\eta^2\tau^2}{32(\alpha - \beta)} - \frac{k_2\tau^2}{2} \\ \pi_r^{D^*} = \left\{ (XD_0^{D^*} + YD_r^{D^*}) - [A + 2\eta\tau + (\gamma - \delta)(s_0 + s_r)]^2 (\alpha + \beta) \right\} \\ \quad \div [32(\alpha^2 - \beta^2)] - k_1s_r^2/2 - k_1s_0^2/2 \end{cases} \quad (13)$$

由此可知，考虑线上线下提供的增值服务相同的情况， $p_0^{D^*} - p_r^{D^*} = p_0^{C^*} - p_r^{C^*}$ ，因此命题 1 在分散决策模型中也成立。

命题 5： 服务需求弹性 γ 增加，线上、线下定价都增加；当 $s_0 > s_r/3$ 时，线上需求随 γ 增加而增加；当 $s_0 < 3s_r$ 时，线下需求随 γ 增加而增加。

证明：由 $\alpha > \beta > 0$ ， $s_0 > 0$ ， $s_r > 0$ ，得 $\frac{\partial p_0^{D^*}}{\partial \gamma} = \frac{4\alpha s_0 + 4\beta s_r + (\alpha + \beta)(s_0 + s_r)}{8(\alpha^2 - \beta^2)} > 0$ ，

$\frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \gamma} = \frac{4\beta s_0 + 4\alpha s_r + (\alpha + \beta)(s_0 + s_r)}{8(\alpha^2 - \beta^2)} > 0$ ，因此可知线上线下定价随 γ 的增加而增加；由 $s_0 > \frac{s_r}{3}$ 可得

$\frac{\partial D_0^{D^*}}{\partial \gamma} = \frac{3s_0 - s_r}{8} > 0$ ，即线上需求随 γ 增加而增加； $s_0 < 3s_r$ 可得 $\frac{\partial D_r^{D^*}}{\partial \gamma} = \frac{3s_r - s_0}{8} > 0$ ，即线下需求随 γ 增加而增加。

该命题说明了在分散决策中，考虑增值服务需求弹性对定价的影响，当消费者对增值服务的需求敏感性增加，即每一单位增值服务增加，能够引起需求量更大的变化，那么产品的定价也会增加，而且当 γ 增加时，为使线上需求增加，应该控制 $s_0 > s_r/3$ ，为使线下需求增加，应控制 $s_0 < 3s_r$ 。

命题 6： 交叉服务需求弹性 δ 增加，线上、线下定价都减少；当 $s_0 > s_r/3$ 时，线下需求随 δ 增加而减少；当 $s_0 < 3s_r$ 时，线上需求随 δ 增加而减少。

证明：由 $\alpha > \beta > 0$ ， $s_0 > 0$ ， $s_r > 0$ 得 $\frac{\partial p_0^{D^*}}{\partial \delta} = \frac{-4\beta s_0 - 4\alpha s_r - (\alpha + \beta)(s_0 + s_r)}{8(\alpha^2 - \beta^2)} < 0$ ，

$\frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \delta} = \frac{-4\alpha s_0 - 4\beta s_r - (\alpha + \beta)(s_0 + s_r)}{8(\alpha^2 - \beta^2)} < 0$ ，因此可知线上线下定价都随 δ 的增加而减少。由 $s_0 > \frac{s_r}{3}$ 可得

$\frac{\partial D_r^{D^*}}{\partial \delta} = \frac{s_r - 3s_0}{2} < 0$ ，即线下需求随 δ 增加而减少；由 $s_0 < 3s_r$ 可得 $\frac{\partial D_0^{D^*}}{\partial \delta} = \frac{s_0 - 3s_r}{8} < 0$ ，因此可知线上需求随 δ 增加而减少。

该命题说明了当线上线下提供的增值服务处在一定的比例范围内，交叉服务需求弹性会对线上线下需求产生不同的影响。

命题 7： 研发努力需求弹性 η 增加使得线上、线下定价 $p_0(p_r)$ 与批发价 w 都增加；且供应链各成员的利润 π_m 、 π_r 和整体利润 π_{mr} 都增加。

证明：由 $\alpha > \beta > 0$ ， $\gamma > \delta > 0$ ，可得 $\frac{\partial p_0^{D^*}}{\partial \eta} = \frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \eta} = \frac{3\tau}{4(\alpha - \beta)} > 0$ ， $\frac{\partial w^{D^*}}{\partial \eta} = \frac{\tau}{2\alpha - 2\beta} > 0$ ，可知线上线

下定价和批发价都增加；同理可知 $\frac{\partial \pi_m^{D^*}}{\partial \eta} = \frac{4A\tau + 8\eta\tau^2 + 3\tau(s_0 + s_r)(\gamma - \delta)}{16(\alpha - \beta)} > 0$ ，

$\frac{\partial \pi_r^{D^*}}{\partial \eta} = \frac{\tau(A + (\gamma - \delta)s_0 + (\gamma - \delta)s_r + 2\eta\tau)}{8(\alpha - \beta)} > 0$, $\frac{\partial \pi_{mr}^{D^*}}{\partial \eta} = \frac{6A\tau + 12\eta\tau^2 + 5\tau(s_0 + s_r)(\gamma - \delta)}{16(\alpha - \beta)} > 0$, 即供应链各成员的利润 π_m 、 π_r 和整体利润 π_{mr} 都增加。

该命题说明在分散决策时, 考虑制造商的研发努力对供应链的影响可以得知, 各最优决策变量都与研发努力需求弹性呈正比例关系, 随着研发努力需求弹性增大, 研发努力对消费者需求带来的正向影响增强。制造商与零售商均会通过提高决策价格来弥补研发与增值服务两方面的成本, 以此来保证利润增长。

命题 8: 比较集中决策和分散决策, 集中决策时线上和线下的产品定价更低, 即 $p_0^{C^*} < p_0^{D^*}$ 和 $p_r^{C^*} < p_r^{D^*}$, 需求量更高, 即 $D_0^{C^*} > D_0^{D^*}$ 和 $D_r^{C^*} > D_r^{D^*}$ 。

证明: 易知 $\Delta p_0 = p_0^{C^*} - p_0^{D^*} = \frac{-A - 2\eta\tau - (\gamma - \delta)(s_0 + s_r)}{8(\alpha - \beta)} = p_r^{C^*} - p_r^{D^*} = \Delta p_r$, 由于 $\alpha > \beta > 0$, $\gamma > \delta > 0$, $s_0 + s_r > 0$, 所以 $\Delta p_0 = \Delta p_r < 0$, 即集中决策时线上和线下的定价都更低。因为

$$\Delta D_0 = D_0^{C^*} - D_0^{D^*} = \frac{A + 2\eta\tau + (\gamma - \delta)(s_0 + s_r)}{8} = D_r^{C^*} - D_r^{D^*} = \Delta D_r, \text{ 所以 } \Delta D_0 = \Delta D_r > 0。$$

该命题说明分散决策会导致产品的线上线下定价增加, 需求量降低, 而对利润产生的影响未能确定, 不幸的是, 由于复杂的数学形式, 我们无法获得各需求弹性大小对利润影响的分析结果。因此, 我们采用数值实验来说明不同参数对利润的影响。

6. 案例分析

为了进一步分析验证双渠道模型, 下面以某电脑制造厂商以及具有线上线下销售渠道的零售平台(例如苏宁易购)进行案例分析。两家公司通过签订协议的方式进行销售, 零售平台不仅通过线上的保修售后, 配件加赠等增值服务吸引顾客, 还在线下进行广告活动宣传, 并提供免费终身贴膜等服务。

6.1. 研发努力对最优决策的影响

在前文分析的基础上结合已有的研究, 确定参数 $A = 100$ 万 kg, $m = 0.3$, $\alpha = 2.5$, $\beta = 0.8$, $\gamma = 0.5$, $\delta = 0.2$, $\eta = 0.5$, $k_1 = 0.5$, $k_2 = 0.5$ 。据此分析研发努力 τ 对最优决策的影响, 首先在 $s_0 = s_r = 6$ 处展开分析, 考虑更接近市场真实情况的分散决策情形。根据所给参数可得到分散决策下 η 对价格 $p_0^{D^*}$, $p_r^{D^*}$, w 和利润 $\pi_m^{D^*}$ 、 $\pi_r^{D^*}$ 、 $\pi_{mr}^{D^*}$ 的影响情况, 如图 2 所示。

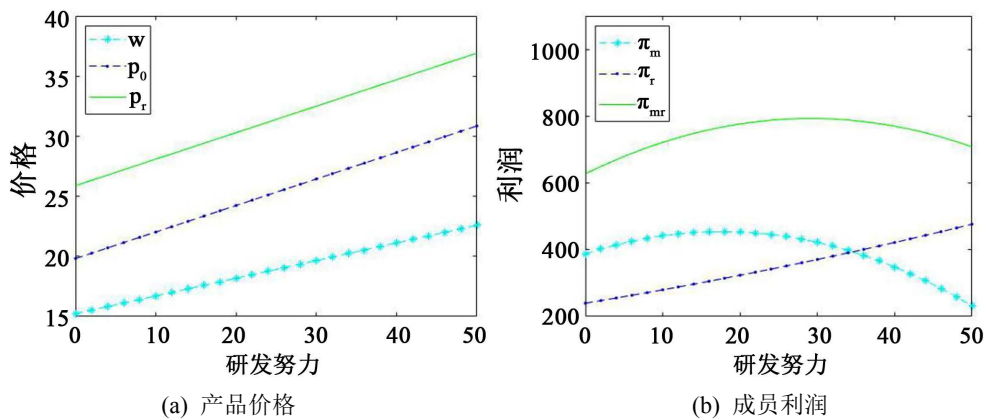


Figure 2. The influence of R & D effort on members' decisions and profits under decentralized decision-making
图 2. 分散决策下研发努力程度对成员决策和利润的影响

从图 2(a)可以看出,随着制造商的研发努力程度的增高,产品的批发价、线上零售价格以及线下零售价格都会越来越高。由于制造商研发努力成本投入的增加,不得通过提高批发价来弥补成本,在现实销售中,消费价格必然高于批发价格,由于 $m=0.3$,消费者更偏好线下购买,因此导致了批发价最低,线下定价远高于线上定价,所以制造商应该根据市场的情况制定合理的批发价格。当研发努力为 0 时,批发价为 15,线上售价为 20,线下定价为 25.8,每增加 1 单位的研发努力,批发价和线上线上售价增加的价格相同。从图 2(b)可以看出,制造商的研发努力程度越高,零售商的利润是一直增加的,制造商付出更高的研发努力,零售商可以获得更高的利润。而对制造商而言,利润会因为研发成本投入的增加,而出现随着研发程度的提高先稳步增加后逐渐降低的表现。在 $\tau=34.6$ 时,制造商与零售商的利润函数相交,此时二者利润相等,都等于 393.695。供应链整体的利润函数也随着研发努力程度的增加而先增加后降低,呈倒 U 型。

图 2 从数值分析的角度说明分散决策下,适当的研发投入能够提升企业利润,但过高的研发努力程度会给制造商带来高额成本,从而导致制造商和整体供应链利润下降,因此制定合适的研发策略对制造商而言非常重要。

6.2. 增值服务对最优决策的影响

确定参数 $A=100$ 万 kg, $m=0.3$, $\alpha=2.5$, $\beta=0.8$, $\gamma=0.5$, $\delta=0.2$, $\eta=0.5$, $k_1=0.5$, $k_2=0.5$ 。据此分析增值服务对最优决策的影响,首先在 $\tau=8$ 处展开分析,考虑更接近市场真实情况的分散决策情形。根据所给参数可得到分散决策下增值服务对价格 p_0^{D*} , p_r^{D*} , w 和利润 π_m^{D*} , π_r^{D*} , π_{mr}^{D*} 的影响情况,如图 3 所示。

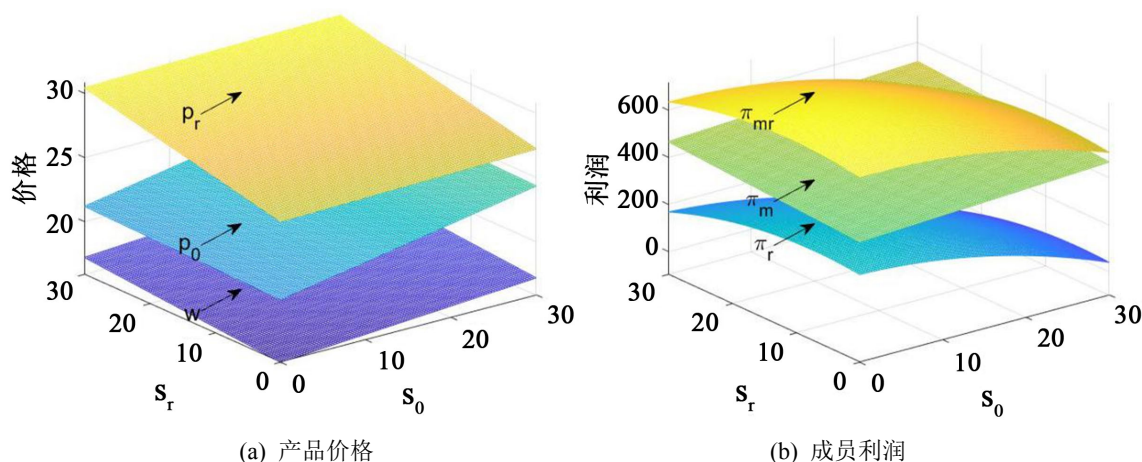


Figure 3. The influence of value added service on members' decision and profit under decentralized decision-making
图 3. 分散决策下增值服务程度对成员决策和利润的影响

从图 3(a)可以看出,当 s_0 不变,线下增值服务水平 s_r 增加时,批发价增加。当 s_r 保持不变时,可以看到随 s_0 的增加,批发价增加。这说明了零售商提供的增值服务的提高也会对制造商策略造成影响,由于零售商决定提供增值服务,提高了产品的零售价格,制造商观察到这一现象后,为了自身利益最大化,在博弈中决定提高批发价格,且两个渠道增值服务对批发价的影响程度相同。当 s_0 不变,线下增值服务水平 s_r 增加时,线上零售价格增加但增幅较低。当 s_r 保持不变时,可以看到随 s_0 的增加,线上零售价格增加且增幅高于 s_r 带来的增幅。当 s_r 不变,线上增值服务水平 s_0 增加时,线下零售价格是增加的但增幅较小。当 s_0 保持不变时,可以看到随 s_r 的增加,线下零售价格增加且增幅大。图 3(a)说明增值服务的增

加可以使两个渠道产品价格都增加,但是每个渠道的增幅不同,线上增值服务 s_0 的增加对线上渠道价格 $p_0^{D^*}$ 作用更大,对线下渠道价格 $p_r^{D^*}$ 作用较小,反之亦然。从图3(b)中看出,当 s_0 不变,线下增值服务水平 s_r 增加时,制造商利润增加。当 s_r 保持不变时,可以看到随 s_0 的增加,制造商增加,且增加的规律和批发价增加的规律相同,因为制造商的利润提升主要来源于批发价的提高。当 s_r 不变,线上增值服务水平 s_0 增加时,零售商利润先增加后减少,当 s_0 增加到30时,零售商利润已远远小于不提供增值服务的情况。当 s_0 保持不变时,可以看到随 s_r 的增加,零售商利润先增加后减少。当 s_0 、 s_r 都增加,零售商利润先增加后减少最后造成亏损,利润为负。从图3(b)可以看出,零售商提供的增值服务水平与制造商利润呈正比例关系,但随着增值服务水平的提高,零售商利润呈先增加后逐渐减少的倒U型。说明适当的增值服务投入能增加消费者需求,能促进制造商利润的增加,但过高的增值服务投入会给零售商带来高额成本,导致企业无法收回成本,造成亏损。

7. 结论与建议

7.1. 结论

本文通过构建包含制造商研发努力与零售商增值服务的双渠道供应链决策模型,以零售商主导的双渠道Stackelberg博弈模型作为分析框架,结合数值案例分析了存在服务和价格竞争的双渠道供应链决策问题。得到如下结论:

1) 集中决策时,产品价格较低,对于消费者更加有利,对产品的需求提高,因此消费者希望制造商和零售商进行合作,以实现供应链整体利润的最大化。

2) 不论是集中决策还是分散决策,对于零售商两个渠道的定价而言,消费者更偏好的渠道定价会更高一些;如果消费者认为两个渠道差别不大,那么两个渠道的定价差异也很小。

3) 分散决策中,双方的考虑各有侧重。首先,制造商需要根据客户对研发创新产品的偏好程度来决定应该投入多少研发和生产精力。随着对研发创新产品的偏好增加,相对高水平的研发生产努力水平会吸引消费者购买产品,制造商与零售商会通过提高决策价格来弥补研发成本;而较低的研发努力水平下,需求减少,为吸引消费者购买产品,制造商与零售商会做出整体降价的决策过程。其次,零售商在增值服务水平方面保持相对合理的投入,始终有利于缓解渠道冲突。最后,研发努力与增值服务投入一定要保持在一个合适的范围内,否则投入成本过高会给企业造成巨大的成本压力。

7.2. 建议

根据上面的论证与分析,提出以下几点优化基于研发和增值服务的双渠道供应链的建议:

1) 提高产品质量,逐步形成品牌效应。

在制造商的品牌建设过程中,首先,消费者满意度始终是企业生存与发展的重要基础,所以,企业需要不断创新提高市场竞争力,供应链成员应共同做好产品的广告宣传和产品的售后服务工作,增加用户粘性,提升产品需求。其次,要保证产品的质量品质,以过硬的产品质量和全方位的服务保障赢得消费者的信任,逐渐形成品牌效应。

2) 多方位收集销售渠道相关信息,及时调整线上线下资源和市场成交量。

零售商一定要认识了解到线上和线下销售渠道不是相互独立的,一定要处理好线上和线下销售渠道相互间的关系。在具体决策过程中,开辟双渠道的零售商一定要非常灵活地考虑消费者在两个销售渠道之间转移需求的具体情况,并借助人工智能和大数据的相关信息数据整合线上线下,让跨销售渠道的资源共享,进而扩大交易范围。在管理实践中,供应链成员企业应结合算例仿真结果,针对不同因素对供应链的影响状况,及时调整策略,制定最优的决策,以期减少决策不当造成的利润损失。

3) 搭建客户体验消费的代理平台，培养客户忠诚度。

搭建客户体验代理平台，良好的客户体验能够弥补消费者整体价格偏高造成的心理损失。线下体验相对容易，线上体验代理平台能够借助线上虚拟体验软件吸引客户消费，形成浓厚的兴趣来初步体验一下产品，再利用售后服务的质量牢牢吸引消费者。线上渠道也能够看作是收集客户消费建议的信息服务平台，也能够看作是提升线下和线上增值服务的重要依据。通过整合两个渠道间的客户体验，两个渠道间可以形成良性互动，相互促进、相互提升。

4) 增强供应链各环节中成员相互间的合作，逐渐形成双赢的战略伙伴关系。

根据本文的研究结论，集中决策的优势显而易见，因此制造商与零售商应保持深度、可持续的长期战略合作，确立促进供应链优质高效发展的统一目标。供应链各成员可以利用互联网达成信息共享与联动，明确职责分工，共同构建双赢的局面。同时，双方在定价决策过程中，应该综合考虑影响价格波动的各个因素，从而制定出有益于供应链发展的渠道策略。因此，根据双渠道产品的售卖情况，制造商与零售商要选定适当的合作方式，共同建立双方都能认可的合作条件，从而使双渠道供应链达到帕累托最优状态，实现供应链成员共赢。

致 谢

本论文最终得以顺利完成，非常感谢我的指导教师吕卫东副教授。从论文选题直到论文的最终完成，他都给予我尽心尽力的指导。他严谨的治学态度深深的影响着我，对我今后的学习、工作、生活必将产生影响。感谢数理学院的所有领导和老师，他们严谨的学风、渊博的知识、诲人不倦的品格一直感染和激励着我不断上进。“海纳百川，取则行远”，在这所美丽的校园里，不断成长。

在本论文的写作中，我也参照了大量的著作和文章，许多学者的科研成果及写作思路给我很大启发，在此向这些学者们表示由衷的感谢。感谢我的家人、同学，朋友对我的大力支持，他们的无私奉献、关爱和支持使我能够继续去追求自己的人生理想和目标。感谢所有关心、帮助和支持我的人。

本论文虽然几经修改，但由于才疏学浅，本文疏漏之处在所难免，还望各位老师批评指正。

参考文献

- [1] Yi, S. and Zhang, Z. (2020) Research on Pricing Strategy of Dual-Channel Supply Chain Based on Customer Value and Value-Added Service. *Mathematics*, **11**, Article No. 9. <https://doi.org/10.3390/math9010011>
- [2] Bai, X., Yang, H. and Shu, H. (2010) Research on the Application of Multi-Followers Stackelberg Model to the Telecom Value-Added Service Supply Chain. *China Communications*, **7**, 147-152.
- [3] Backhaus, K., Becker, J., Beverungen, D., et al. (2010) Enabling Individualized Recommendations and Dynamic Pricing of Value-Added Service through Willingness-to-Pay Data. *Electronic Markets*, **20**, 131-146. <https://doi.org/10.1007/s12525-010-0032-0>
- [4] 刘伟, 杨照. 基于经销商增值服务的混合渠道冲突解决策略[J]. *工业工程*, 2011, 14(2): 44-48.
- [5] Dai, J., Bai, X. and Shu, H. (2011) Coordination of Multi-Leaders and Multi-Followers in Supply Chain of Value-Added Telecom Service. *China Communications*, **8**, 157-164.
- [6] Heese, H.S. (2012) Retail Strategies for Extended Warranty Sales and Impact on Manufacturer Base Warranties. *Decision Sciences*, **43**, 341-367. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2011.00348.x>
- [7] Chen, J. and Grewal, R. (2013) Competing in a Supply Chain via Full-Refund and No-Refund Customer Returns Policies. *International Journal of Production Economics*, **146**, 246-258. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.005>
- [8] 罗美玲, 李刚, 孙林岩. 基于增值服务的多渠道供应链竞争[J]. *工业工程与管理*, 2011, 16(3): 37-44.
- [9] 唐东平, 王秋菊, 丁禹宁. 差异化服务条件下双边市场平台定价策略[J]. *工业工程*, 2013, 16(6): 77-83.
- [10] Lin, Y. and Chen, Y. (2015) Competitive Outsourcing: Choosing between Value-Added Service and Key Component Supplying Capability. *International Journal of Production Research*, **53**, 3635-3650. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.985394>

-
- [11] Dou, G., He, P. and Xu, X. (2016) One-Side Value-Added Service Investment and Pricing Strategies for a Two-Sided Platform. *International Journal of Production Research*, **54**, 3808-3821. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1148275>
- [12] Zhang, X., Han, X. and Liu, X. (2015) The Pricing of Product and Value-Added Service under Information Asymmetry: A Product Life Cycle Perspective. *International Journal of Production Research*, **53**, 25-40. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.922707>
- [13] Li, Q. and Li, B. (2016) Dual-Channel Supply Chain Equilibrium Problems Regarding Retail Services and Fairness Concerns. *Applied Mathematical Modelling*, **40**, 7349-7367. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2016.03.010>
- [14] 王春苹, 南国芳, 李敏强, 等. 寡头市场信息产品与服务的最优定价策略[J]. 管理科学学报, 2016, 19(3): 92-106.
- [15] Park, M., Jung, K.M. and Park, D.H. (2016) Optimal Warranty Policies Considering Repair Service and Replacement Service under the Manufacturer's Perspective. *Annals of Operations Research*, **244**, 117-132. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1740-1>
- [16] Shangguan, L.L., He, Y.F., Lan, Y.Q., *et al.* (2017) Service Strategy under Online B2C Dual-Channel Competition. *Industrial Engineering and Engineering Management*, **4**, 2226-2230. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290287>
- [17] Dan, B., Zhang, S. and Zhou, M. (2018) Strategies for Warranty Service in a Dual-Channel Supply Chain with Value-Added Service Competition. *International Journal of Production Research*, **56**, 5677-5699. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1377355>
- [18] 郑斌, 卞亦文, 牟立峰, 等. 两级供应链中延保服务与基础质保服务交互策略[J]. 中国管理科学, 2018, 26(6): 85-94.
- [19] Chen, J.Y., Dimitrov, S. and Hubert, P. (2019) The Impact of Government Subsidy on Supply Chains Sustainability Innovation. *Omega*, **86**, 42-58. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.06.012>